MAR 0 6 2002
PATENT & TRADEMARK OFFICE

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日
Date of Application: ２０００年１２月２７日

出願番号
Application Number: 特願２０００－３９７２４６

出願人
Applicant(s): 富士写真光機株式会社

RECEIVED
MAR - 7 2002
TECHNOLOGY CENTER 2800

２００１年１１月２６日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office 及川耕造

出証番号　出証特２００１－３１０２６５６

【書類名】　特許願

【整理番号】　FK0837

【あて先】　特許庁長官殿

【国際特許分類】　G01B　9/02

G01B 11/24

【発明者】

【住所又は居所】　埼玉県大宮市植竹町１丁目３２４番地　富士写真光機株式会社内

【氏名】　▲葛▼　宗濤

【特許出願人】

【識別番号】　000005430

【氏名又は名称】　富士写真光機株式会社

【代理人】

【識別番号】　100097984

【弁理士】

【氏名又は名称】　川野　宏

【手数料の表示】

【予納台帳番号】　041597

【納付金額】　21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】　明細書　1

【物件名】　図面　1

【物件名】　要約書　1

【プルーフの要否】　要

【書類名】　明細書

【発明の名称】　被観察体の姿勢検出方法およびこれを用いた装置

【特許請求の範囲】

【請求項１】　被観察体の傾きを検出する被観察体の姿勢検出方法において、

前記被観察体の位相情報を担持した縞画像データを取得し、

次に、該縞画像データの全体または一部にフーリエ変換を用いた演算処理を施して、該縞画像データ中のキャリア縞の周波数を求め、

このキャリア縞の周波数に基づいて前記被観察体の傾きを検出することを特徴とする被観察体の姿勢検出方法。

【請求項２】　前記キャリア縞の周波数を求める際には、前記フーリエ変換により得られた周波数座標系上のピークのうちの所定のピークの位置座標を求め、この位置座標に基づいてキャリア周波数を算出する演算を行うことを特徴とする請求項１記載の被観察体の姿勢検出方法。

【請求項３】　被観察体からの位相情報を検出するとともに、該被観察体の傾きを検出する被観察体の姿勢検出装置において、

前記被観察体からの位相情報を担持した縞画像データを取得する縞画像データ取得手段と、

該縞画像データの全体または一部にフーリエ変換を用いた演算処理を施すフーリエ変換演算手段と、

該フーリエ変換がなされた縞画像データ中のキャリア縞の周波数を求めるキャリア縞周波数演算手段と、

このキャリア縞の周波数に基づいて前記被観察体の傾きを検出する被観察体傾き検出手段とを備えたことを特徴とする被観察体の姿勢検出装置。

【請求項４】　被観察体の傾きを検出する被観察体の姿勢検出方法において、

前記被観察体からの位相情報を担持した縞画像データを取得し、

次に、前記縞画像データの全体または一部にフーリエ変換を用いた演算処理を施して、前記被観察体の位相情報を求め、

得られた該被観察体の位相情報に所定の演算処理を施すことにより前記被観察体の傾きを検出することを特徴とする被観察体の姿勢検出方法。

【請求項５】　前記被観察体の位相情報を求める際には、前記フーリエ変換により得られた周波数座標系上のスペクトル分布のうちの所定のスペクトル分布を求め、このスペクトル分布に基づいて位相情報を算出する演算を行うことを特徴とする請求項４記載の被観察体の姿勢検出方法。

【請求項６】　前記所定の演算処理が、前記被観察体の位相情報の最小二乗を求める演算処理であることを特徴とする請求項４または５記載の被観察体の姿勢検出方法。

【請求項７】　被観察体からの位相情報を検出するとともに、該被観察体の傾きを検出する被観察体の姿勢検出装置において、

前記被観察体からの位相情報を担持した縞画像データを取得する縞画像データ取得手段と、

該縞画像データの全体または一部にフーリエ変換を用いた演算処理を施すフーリエ変換演算手段と、

該フーリエ変換がなされた縞画像データに基づき前記被観察体の位相情報を求める被観察体位相情報演算手段と、

前記被観察体の位相情報に基づいて前記被観察体の傾きを検出する被観察体傾き検出手段とを備えたことを特徴とする被観察体の姿勢検出装置。

【請求項８】　前記被観察体またはこの被観察体の傾きの基準を与える参照体がアクチュエータにより可動される移動物体であることを特徴とする請求項１、２、４、５、６のうちいずれか１項記載の被観察体の姿勢検出方法または請求項３、７のうちいずれか１項記載の被観察体の姿勢検出装置。

【請求項９】　前記位相情報が干渉縞情報であることを特徴とする請求項８記載の被観察体の姿勢検出方法または被観察体の姿勢検出装置。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】

本発明は、被観察体の傾きを検出する被観察体の姿勢検出方法およびこれを用

いた装置に関し、特に、干渉計等の自動ステージや自動計測機器において、アクチュエータを用いて被観察体（または基準）をシフトさせる際に、その被観察体の姿勢（傾き）を自動検出する被観察体の姿勢検出方法およびこれを用いた装置に関するものである。

【０００２】

【従来の技術および発明が解決しようとする課題】

従来より、移動する被観察体の姿勢（ピッチング、ローリング）を検出するための装置として図９に示す如きオートコリメータが知られている。このオートコリメータは、レーザ光束をＰＢＳ２０１およびλ／４板２０２を介して被観察体２０３に照射し、この被観察体２０３からの反射光束をλ／４板２０２、ＰＢＳ２０１およびレンズ２０４を介してアナログ・ポジション・センサであるＰＳＤ（Position Sensitive Device）２０５に照射し、このＰＳＤ２０５の中心軸から光束照射位置までの距離ｄに基づいて被観察体２０３の姿勢（傾きα）を求めるものである。なお、この場合の傾きαはｄ＝ｆ・ｔａｎ２α（ただしｆはレンズ２０４の焦点距離）なる式を用いて求められる。

【０００３】

しかしながら、このようなオートコリメータの検出精度は上式からわかるようにレンズ２０４の焦点距離ｆに比例するため、検出精度を上げようとすると焦点距離ｆが長くなり、装置が大型化する。

【０００４】

そこで、装置の大型化を阻止しつつ高精度に検出することを目的として、例えば図１０に示す如く、被観察体２１０に２本の干渉変位計２１１、２１２を平行に設置し、各々の干渉変位計２１１、２１２から、基準テーブル２１３に対して垂直に配置された直定規２１４までの距離d_1、d_2の差を求め、この差に基づき被観察体２１０の姿勢（ローリング角）を算出する手法が知られている。

具体的には、ローリング角$\gamma = \tan^{-1}((d_1 - d_2)/D)$で表わされる。ただしＤは２つの干渉変位計２１１、２１２の距離である。

【０００５】

しかしながら、このような手法では、干渉変位計２１１、２１２を被検体に直

接取り付ける必要があり、いわゆる非接触タイプとはなっていないため種々の問題が発生するとともに、装置構成が複雑になり過ぎるという問題があった。特に、２次元姿勢検出においては干渉変位計が少なくとも３個必要となり相互のアライメント調整も煩雑である。

さらに、上述した距離Ｄを精密に検出する必要があり、システムの調整は極めて難しい。

【０００６】

本発明は上記問題を解決するためになされたものであり、被観察体の姿勢、特に２次元的な姿勢を高精度、高速、非接触かつ簡易なシステム構成で得ることのできる被観察体の姿勢検出方法およびこれを用いた装置に関するものである。

【０００７】

【課題を解決するための手段】

本発明の被観察体の姿勢検出方法は、被観察体の傾きを検出する被観察体の姿勢検出方法において、

前記被観察体の位相情報を担持した縞画像データを取得し、

次に、該縞画像データの全体または一部にフーリエ変換を用いた演算処理を施して、該縞画像データ中のキャリア縞の周波数を求め、

このキャリア縞の周波数に基づいて前記被観察体の傾きを検出することを特徴とするものである。

【０００８】

また、前記キャリア縞の周波数を求める際には、前記フーリエ変換により得られた周波数座標系上のピークのうちの所定のピークの位置座標を求め、この位置座標に基づいてキャリア周波数を算出する演算を行うことを特徴とするものである。

【０００９】

さらに、本発明の姿勢検出装置は、被観察体からの位相情報を検出するとともに、該被観察体の傾きを検出する被観察体の姿勢検出装置において、

前記被観察体からの位相情報を担持した縞画像データを取得する縞画像データ取得手段と、

該縞画像データの全体または一部にフーリエ変換を用いた演算処理を施すフーリエ変換演算手段と、

該フーリエ変換がなされた縞画像データ中のキャリア縞の周波数を求めるキャリア縞周波数演算手段と、

このキャリア縞の周波数に基づいて前記被観察体の傾きを検出する被観察体傾き検出手段とを備えたことを特徴とするものである。

【００１０】

また、本発明の被観察体の姿勢検出方法は、被観察体の傾きを検出する被観察体の姿勢検出方法において、

前記被観察体からの位相情報を担持した縞画像データを取得し、

次に、前記縞画像データの全体または一部にフーリエ変換を用いた演算処理を施して、前記被観察体の位相情報を求め、

得られた該被観察体の位相情報に所定の演算処理を施すことにより前記被観察体の傾きを検出することを特徴とするものである。

【００１１】

さらに、前記被観察体の位相情報を求める際には、前記フーリエ変換により得られた周波数座標系上のスペクトル分布のうちの所定のスペクトル分布を求め、このスペクトル分布に基づいて位相情報を算出する演算を行うことを特徴とするものである。

【００１２】

また、前記所定の演算処理が、前記被観察体の位相情報の最小二乗を求める演算処理であることが望ましい。

【００１３】

さらに、本発明の被観察体の姿勢検出装置は、被観察体からの位相情報を検出するとともに、該被観察体の傾きを検出する被観察体の姿勢検出装置において、

前記被観察体からの位相情報を担持した縞画像データを取得する縞画像データ取得手段と、

該縞画像データの全体または一部にフーリエ変換を用いた演算処理を施すフーリエ変換演算手段と、

該フーリエ変換がなされた縞画像データに基づき前記被観察体の位相情報を求める被観察体位相情報演算手段と、

前記被観察体の位相情報に基づいて前記被観察体の傾きを検出する被観察体傾き検出手段とを備えたことを特徴とするものである。

【００１４】

また、本発明の被観察体の姿勢検出方法または被観察体の姿勢検出装置は、前記被観察体またはこの被観察体の傾きの基準を与える参照体がアクチュエータにより可動される移動物体である場合において特に有効である。

【００１５】

また、本発明の被観察体の姿勢検出方法または被観察体の姿勢検出装置では、前記位相情報を干渉縞情報とすること可能である。

【００１６】

なお、本発明の背景技術として、例えば下記文献における内容が知られている。

M. Takeda, H. Ina and S. Kobayashi: Fourier transforms method of fringe-pattern analysis for computer-based topography and interferometry, J. Opt. Soc. Am. 72, (1982) p.156.

【００１７】

この文献に記載された内容は、縞画像にキャリア縞を重畳させ、これにフーリエ変換を施すと、キャリア縞に対応するピークを含む複数のフーリエスペクトルのピークを得ることができるというもので、本発明の如く、フーリエスペクトルの各ピークまたはスペクトル分布が意味するところに着目し、分離された所定のピークまたはスペクトル分布に基づいて被観察体の姿勢を検出するものとは発想および目的が基本的に相違する。

【００１８】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施形態に係る被観察体の姿勢検出方法について図面を用いて説明する。

【００１９】

この方法は、被観察体の傾きを検出する際に、被観察体からの位相情報を担持した縞画像データを取得し、次に、前記各々の縞画像データの全体または一部にフーリエ変換を施して、該縞画像データ中のキャリア縞の周波数または該縞画像データ中の被観察体の位相情報を求め、前者においては、求めたキャリア縞の周波数に基づき、後者においては、求めた被観察体の位相情報に基づき、前記被観察体の傾きを検出するものである。

【００２０】

以下、本発明の実施形態に係る被観察体の姿勢検出方法を、前者については実施例１により、後者については実施例２により各々個別具体的に説明する。

なお、以下の実施例においては、縞画像として干渉縞画像を例にあげ、被観察体（または参照面）が移動により被観察体と参照面の相対姿勢が傾いた場合（傾きに誤差が生じた場合）について説明する。

【００２１】

＜実施例１＞

実施例１に係る被観察体の姿勢検出方法を図１のフローチャートを用いて説明する。

【００２２】

まず、空間キャリア縞が重畳された、被観察体の位相情報（ここでは形状情報；以下同じ）を担持してなる干渉縞画像（図２参照）をＣＣＤ撮像カメラにより得る（Ｓ１）。次に、得られた干渉縞画像データに対してフーリエ変換を施し（Ｓ２）、フィルタリングによって空間キャリア周波数（f_x, f_y）を抽出し（Ｓ３）、このキャリア周波数に基づき被観察体の傾きを求める（Ｓ４）。

【００２３】

フーリエ変換縞解析法はキャリア周波数（被観察体表面と参照面との相対的な傾斜）を導入することにより、一枚の縞画像のみで被観察体表面の位相を求めることができる。キャリア周波数を導入すると干渉縞強度は次の式（１）で表される。

【００２４】

【数１】

$$i(x,y) = a(x,y) + b(x,y)\cos(2\pi f_x x + 2\pi f_y y + \phi(x,y)) \quad \cdots\cdots (1)$$

ただし、a(x，y)は干渉縞のバックグラウンド

b(x，y)は縞のビジビリテイ

φ(x，y)は被観察体の位相

f_x，f_y はキャリア周波数

【００２５】

上式（１）は下式（２）のように変形できる。

【００２６】

【数２】

$$i(x,y) = a(x,y) + c(x,y)\exp[i(2\pi f_x + 2\pi f_y)] + c^*(x,y)\exp[i(2\pi f_x + 2\pi f_y)] \quad \cdots\cdots (2)$$

ただし、c^*(x，y)はc(x，y)の共役である。

【００２７】

【数３】

$$c(x,y) = \frac{b(x,y)\exp[i(\phi(x,y))]}{2} \quad \cdots\cdots (3)$$

【００２８】

上式（３）をフーリエ変換すると、下式（４）を得ることができる。

【００２９】

【数４】

$$I(\eta,\zeta) = A(\eta,\zeta) + C(\eta - f_x, \zeta - f_y) + C^*(\eta - f_x, \zeta - f_y) \quad \cdots\cdots (4)$$

ただし、

$A(\eta,\zeta)$ ： $a(x,y)$ のフーリエ変換

$C(\eta - f_x, \zeta - f_y)$ ：$c(x,y)$ のフーリエ変換

$C^*(\eta - f_x, \zeta - f_y)$ ： $c^*(x,y)$ のフーリエ変換

【００３０】

ところで、上述したように（f_x, f_y）はキャリア周波数であり下式（５）で表される。

【００３１】

【数５】

$$f_x = \frac{2 \cdot \tan\theta_x}{\lambda}、\quad f_y = \frac{2 \cdot \tan\theta_y}{\lambda} \qquad \cdots\cdots (5)$$

【００３２】

すなわち、（f_x, f_y）はキャリア周波数を表すものであるが被観察体表面と参照面との光学的な相対角度（相対姿勢）を表すものでもある。したがって、キャリア周波数（f_x, f_y）を求めれば、被観察体表面と参照面との光学的な相対角度（相対姿勢）を求めることができることになる。

【００３３】

そこで、上記フーリエ変換の結果から、図３に示す如き、周波数座標系上におけるキャリア周波数のスペクトルのピークの位置を求める。すなわち、上記C（n－f_x, ζ－f_y）のピーク位置を求めることによって（f_x, f_y）が得られ、上式（５）に基づき、測定面のｘ、ｙ方向の各傾き（姿勢）であるq_xとq_yを求めることができる。

【００３４】

このように、縞画像データにフーリエ変換を施して得られた空間キャリア周波数（f_x, f_y）に基づき被観察体の傾きを容易に求めることができる。

【００３５】

＜実施例２＞

次に、実施例２に係る被観察体の姿勢検出方法を図４のフローチャートを用いて説明する。

【００３６】

まず、空間キャリア縞が重畳された、被観察体の形状情報を担持してなる干渉縞画像（図２参照）をＣＣＤ撮像カメラにより得る（Ｓ１１）。次に、得られた干渉縞画像データに対してフーリエ変換を施し（Ｓ１２）、フィルタリングによってキャリア周波数のスペクトル分布（サイドローブ）であるC(n－f_x, ζ－f_y

)を抽出する（Ｓ１３）。次に、この分布Ｃ(n－f_x, ξ－f_y)に逆フーリエ変換を施してc(x, y)を得、ラップされた位相を得る（Ｓ１４）。この後、アンラップ処理を施すことにより被観察体の形状情報に基づき被観察体の位相p(x,y)を求める（Ｓ１５）。次に、最小二乗法を用いて上記位相p(x,y)の最小二乗平面を求める（Ｓ１６）。最後に、最小二乗平面の微係数に基づき被観察体の傾斜を求める（Ｓ１７）。

【００３７】

ところで、従来のフーリエ縞解析法、例えば前述したM.TAKEDA等の発明においては、フィルタリングによって、周波数座標系上におけるキャリア周波数のスペクトル分布（サイドローブ）であるＣ(n－f_x, ξ－f_y)を抽出した後、そのピークをその位置（f_x, f_y）から座標原点に移動することによりキャリア周波数を除去し、この後逆フーリエ変換を施すことにより被観察体の位相（形状）を求めるようにしている。

【００３８】

これに対し、本実施例においては、被観察体の傾斜もその形状の一部と考え、前述した式（４）におけるキャリア周波数のスペクトル分布（サイドローブ）であるＣ(n－f_x, ξ－f_y)のピークを、移動させることなく、すなわち、キャリア周波数を除去することなくこのスペクトル分布Ｃ(n－f_x, ξ－f_y)に対して逆フーリエ変換を施す。これにより、最終的に得られた上記被観察体の位相p(x,y)には傾き成分が含まれることになる。

【００３９】

すなわち、上記位相p(x,y)は下式（６）の如く表される。

【００４０】

【数６】

$$\begin{aligned} p(x,y) &= 2\pi f_x x + 2\pi f_y y + \phi(x,y) \\ &= ax + by + \phi(x,y) \\ &= \tan(\theta_x)x + \tan(\theta_y)y + \phi(x,y) \end{aligned} \qquad \cdots\cdots (6)$$

ただし、

aは最小二乗平面のｘ方向の微係数

bは最小二乗平面のｙ方向の微係数

【００４１】

したがって、本実施例によれば、最小二乗法を用いて、キャリア周波数を除去せずに求めた被観察体の形状の最小二乗平面（形状を最小二乗法でフィッティングし得られた平面）を求め、この最小二乗平面のｘ、ｙ方向の微係数を求め、さらに上式（６）を用いて被観察体の傾斜q_xとq_yを得るようにしており、これにより被観察体の傾きを容易に求めることができる。

【００４２】

なお、上記実施例２においては、被観察体の形状を表す平面を求める際には、上記最小二乗法に替えて他のフィッティング手法を採用することによっても、曲面をフィッティングした所望の平面を求めることができる。

【００４３】

なお、本発明の被観察体の姿勢検出方法においては、被観察体の移動前の時点においても上記と同様の手法により被観察体の傾きを求めて、これを被観察体の基準姿勢としておき、このときの角度を、前述のようにして求めた移動後の被観察体の角度から差引くことにより、この被観察体の姿勢の変化を求めるようにしてもよい。

【００４４】

また、本発明の被観察体の姿勢検出方法においては、フーリエ変換を施す際に縞画像の全体を使う必要がなく、一部の縞画像であっても充分に良好な結果を得ることができる。さらに、被観察体は高反射率の表面を有している必要はなく、粗面であっても良好な結果を得ることができる。

【００４５】

＜被観察体の姿勢検出装置＞

次に、上述した実施形態方法を実施するための装置について、図５、６、７を用いて説明する。なお、以下においては干渉計装置に適用した場合を例にあげて説明する。

【００４６】

図７に示すように、マイケルソン型干渉計１において、被観察体表面２と参照

（基準）面３からの両反射光束によって形成される干渉縞は、撮像カメラ４のＣＣＤ５の撮像面において形成され、画像入力基板６を介して、ＣＰＵおよび画像処理用のメモリを搭載したコンピュータ７に入力され、入力された干渉縞画像データに対して種々の演算処理が施され、その処理結果はモニタ画面７Ａ上に表示される。なお、撮像カメラ４から出力される干渉縞画像データはＣＰＵの処理により一旦メモリ内に格納されるようになっている。

【００４７】

一方、図７に示すように本装置においては、コンピュータ７の指示に基づき、Ｄ/Ａ変換基板８およびピエゾ駆動部９を介して、被観察体の表面２と参照面３の相対的なシフト量変位、すなわち物体の移動がＰＺＴ（ピエゾ素子）アクチュエータ１０によりなされるようになっている。

【００４８】

ところで、本装置においては、移動物体の駆動がＰＺＴ（ピエゾ素子）アクチュエータ１０によりなされるように構成されているため、移動物体の駆動操作中において、被観察体の表面２と参照面３の相対的な傾きに誤差が生じてしまうことがある。本装置では、このような相対的な傾きを、本装置のみによって正確に検出可能とするものである。

【００４９】

なお、上述したような姿勢制御を行わない場合において、上記ＰＺＴ（ピエゾ素子）アクチュエータ１０を用いて参照面３（または被観察体の表面２）を光軸方向前後に振動させフリンジスキャンを行うようにすることも可能である。この場合には上記２つの面２、３の相対的な傾きを直してから行う。

【００５０】

以下、図８を用いて、上記ＰＺＴ（ピエゾ素子）アクチュエータ１０の２つの態様を説明する。

【００５１】

すなわち、第１の態様は、図８（Ａ）に示すように、参照面（参照ミラー）３の裏面を支持する３つのピエゾ素子１２１、１２２、１２３を備え、支点部材としても機能するピエゾ素子１２１と各ピエゾ素子１２２、１２３とを結ぶ参照面

３を有する参照ミラー上の、２本の直線Ｌｘ、Ｌｙが互いに直交するように構成されたものである。３本のピエゾ素子１２１、１２２、１２３が同量だけ伸縮することにより物体移動が行なわれ、さらにピエゾ素子１２２のみの伸縮により参照ミラーの参照面３がy軸を中心として回転するようにｘ軸方向に傾き、ピエゾ素子１２３のみの伸縮により参照ミラーの参照面３がｘ軸を中心として回転するようにｙ軸方向に傾くことになる。なお、キャリア周波数と上記傾きの関係は下式（７）により表される。

【００５２】

【数７】

$$f_x = \frac{2\cdot\tan\theta_x}{\lambda} = \frac{2\cdot(L_{PZT\text{-}X} - L_{PZT\text{-}O})}{L_x\cdot\lambda}、\quad f_y = \frac{2\cdot\tan\theta_y}{\lambda} = \frac{2\cdot(L_{PZT\text{-}Y} - L_{PZT\text{-}O})}{L_y\cdot\lambda} \quad \cdots\cdots (7)$$

ただし、

θ_x、θ_y：被観察体表面の平均平面のX,Y方向の傾き

$L_{PZT\text{-}O}$、$L_{PZT\text{-}X}$、$L_{PZT\text{-}Y}$：各ＰＺＴアクチュエータの変位量

【００５３】

一方、第２の態様は、図８（Ｂ）に示すように、参照面（参照ミラー）３の裏面中央部を円柱状のピエゾチューブ１２４によって支持するように構成されたものである。このピエゾチューブ１２４の偏奇しない伸縮により物体移動が行なわれ、一方、偏奇した伸縮により参照ミラーの参照面３がｘ軸方向およびｙ軸方向に自在に傾けられることになる。この第２の態様においても、キャリア周波数と上記傾きの関係は上式（７）に準じた式により表される。

【００５４】

しかしながら、上記いずれの態様においても、３本のピエゾ素子１２１、１２２、１２３あるいはピエゾチューブ１２４の伸縮精度によって被観察体の表面２と参照面３の相対的な傾きに誤差が生じてしまうことがあり、本装置はこのような場合における傾きを良好かつ容易に検出し得るものである。

【００５５】

以下、この傾き検出機能の主要部を構成するコンピュータの内部構成について

説明する。

コンピュータ７は、図５に示す如く、第１の態様として、ソフト的に、ＦＦＴ演算手段１１、キャリア周波数演算手段１２および被観察体傾き検出手段１３を備えている。

【００５６】

このＦＦＴ演算手段１１は、前述したように、得られた干渉縞画像データの全体または一部に対してフーリエ変換を施す、図１におけるステップ２（Ｓ２）の処理を行うものであり、キャリア周波数演算手段１２は、前記ＦＦＴ演算手段１１において演算されたフーリエスペクトルに基づいてキャリア縞の周波数を求め、ステップ３（Ｓ３）に相当する処理を行うものである。さらに、被観察体傾き検出手段１３は、上記キャリア周波数演算手段１２において演算されたキャリア周波数に基づいて前記被観察体の傾きを検出するものである（Ｓ４に相当する）。

【００５７】

また、コンピュータ７は、図６に示す如く、第２の態様として、ソフト的に、ＦＦＴ演算手段２１、被観察体形状情報演算手段２２および被観察体傾き検出手段２３を備えている。

【００５８】

このＦＦＴ演算手段２１は、前述したように、得られた干渉縞画像データの全体または一部に対してフーリエ変換を施す、図４におけるステップ１２（Ｓ１２）の処理を行うものであり、被観察体形状情報演算手段２２は、前記ＦＦＴ演算手段２１において演算されたフーリエスペクトルに基づいて前記被観察体の形状情報を演算するものであり、上記ステップ１３～１５（Ｓ１３～１５）に相当する処理を行うものである。さらに、被観察体傾き検出手段２３は、上記被観察体形状情報演算手段２２において演算された被観察体の形状情報に基づいて、その形状の最小二乗平面（形状を最小二乗法でフィッティングし得られた平面）を求め、前記被観察体の傾きを検出するものである（Ｓ１６、１７に相当する）。

【００５９】

これにより被観察体表面２と参照面３が相対的に移動して光学的相対角度θの

傾きを有する状態（図７では模式的に被観察体表面２ａの傾き状態により表す）となった場合にも、その傾きを容易に検出することができ、被観察体の姿勢（あるいは参照面３の姿勢）を常に観察することができる。

【００６０】

なお、本発明の方法および装置としては上記実施形態のものに限られるものではなく、その他の種々の態様の変更が可能である。例えば、移動物体の駆動としては、上記ＰＺＴに限られるものではなく、参照面または被観察体表面を物理的に移動させる他のアクチュエータを用いた場合にも適用が可能である。

【００６１】

また、上記実施形態においては、３つのＰＺＴ素子を配設する態様としてこれら３つの部材が丁度直角二角形の各頂点に位置するようにしているが、これら３つの部材は参照ミラー上で任意の三角形の各頂点を形成するような配置とすることも勿論可能である。

【００６２】

また、上述した実施形態では、キャリア周波数として空間キャリア周波数を用いて説明しているが、本発明のキャリア周波数として、時間キャリア周波数あるいは時空間キャリア周波数を用いることが可能である。

【００６３】

また、上記実施形態のものにおいては、干渉縞画像データをマイケルソン型干渉計を用いて撮像しているが、フィゾー型等のその他の干渉計を用いて得られた干渉縞画像データに対しても同様に適用できることは勿論である。

【００６４】

また、本発明におけるキャリア縞とは、物体に傾きを与えた場合に発生する縞のほか、物体自体がいわゆる楔形状とされていてこれに基づき発生する縞をも含むものとする。

さらに、本発明は、干渉縞のみならずモアレ縞やスペックル縞、その他の種々の縞画像に対しても同様に適用可能である。

【００６５】

【発明の効果】

本発明の被観察体の姿勢検出方法およびこれを用いた装置によれば、被観察体の波面を求めるための１枚の縞画像データに対して、フーリエ変換による演算処理を施して、キャリア周波数または被観察体の位相情報を求め、これに基づいて被観察体の傾きを検出するようにしており、また、これらの処理はコンピュータによるソフト的な処理によって行なわれる。したがって、新たに、姿勢検出装置を設ける必要がなく、また、その検出に要する時間を大幅に短縮することができ、検出結果を高精度のものとすることができる。これにより、特に２次元姿勢を高精度で高速かつ簡易なシステム構成で得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図１】

本発明の実施例１に係る被観察体の姿勢検出方法を説明するためのフローチャート

【図２】

本実施形態方法において用いられる縞画像データを示す概略図

【図３】

周波数座標系上に出現するフーリエスペクトルを示す概略図

【図４】

本発明の実施例２に係る被観察体の姿勢検出方法を説明するためのフローチャート

【図５】

本発明の実施例１に係る方法を実施する装置の一部を示すブロック図

【図６】

本発明の実施例２に係る方法を実施する装置の一部を示すブロック図

【図７】

本発明の実施例１、２に係る方法を実施する装置の概略構成を示すブロック図

【図８】

図７の一部を具体的に示すブロック図

【図９】

従来技術を説明するための概略図

【図１０】

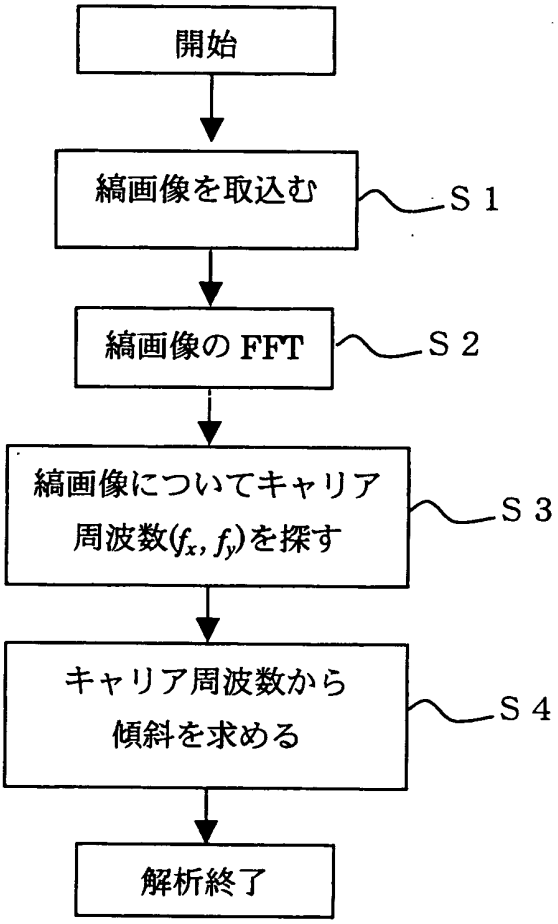
従来技術を説明するための概略図

【符号の説明】

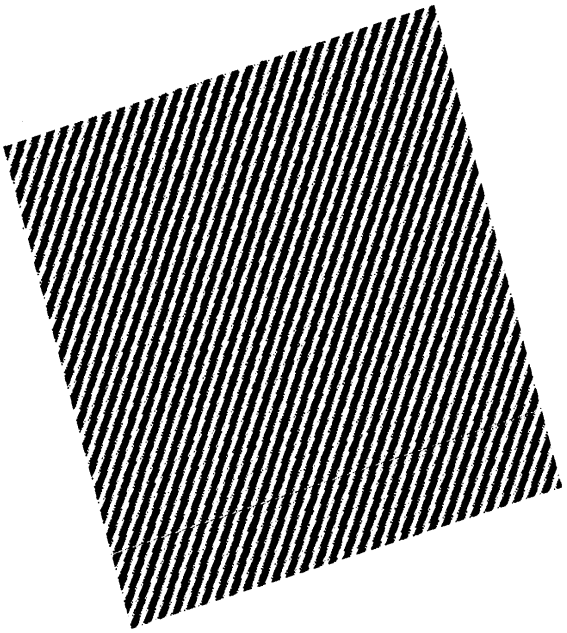
１	マイケルソン型干渉計
２	被観察体表面
３	参照面
４	ＣＣＤカメラ
５	ＣＣＤ
７	コンピュータ
７Ａ	モニタ画面
９	ピエゾ駆動部
１０	ＰＺＴアクチュエータ
１１	ＦＦＴ演算手段
１２	キャリア周波数演算手段
１３	被観察体傾き検出手段
２１	ＦＦＴ演算手段
２２	被観察体形状情報演算手段
２３	被観察体傾き検出手段

【書類名】　図面

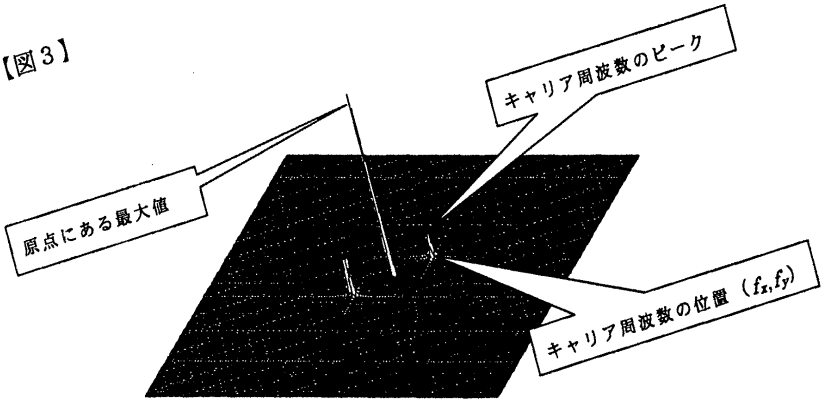
【図１】


開始
縞画像を取込む
S１
縞画像の FFT
S２
縞画像についてキャリア
周波数(f_x, f_y)を探す
S３
キャリア周波数から
傾斜を求める
S４
解析終了

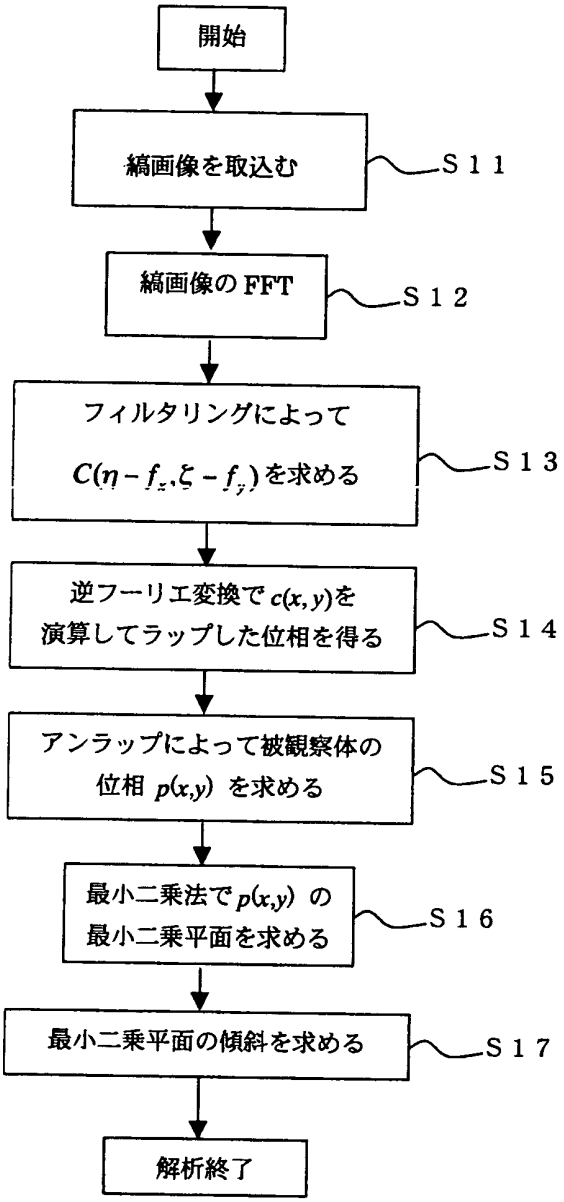
【図2】



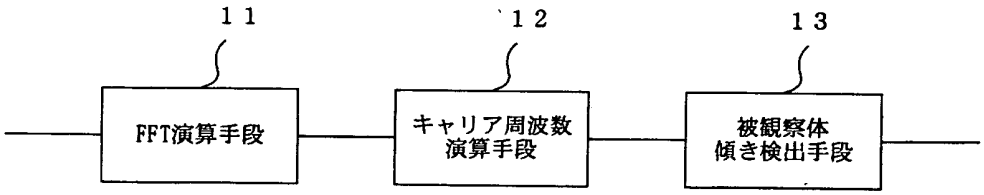
【図3】



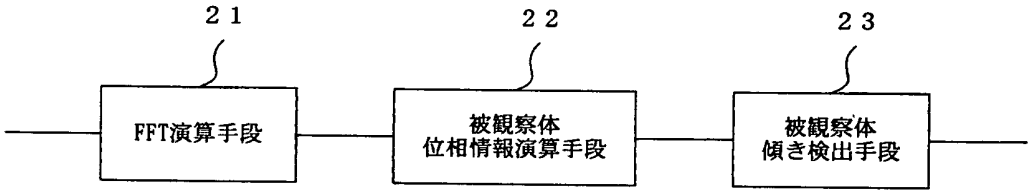
【図４】


開始
縞画像を取込む
S１１
縞画像の FFT
S１２
フィルタリングによって
$C(\eta - f_x, \xi - f_y)$ を求める
S１３
逆フーリエ変換で $c(x,y)$ を
演算してラップした位相を得る
S１４
アンラップによって被観察体の
位相 $p(x,y)$ を求める
S１５
最小二乗法で $p(x,y)$ の
最小二乗平面を求める
S１６
最小二乗平面の傾斜を求める
S１７
解析終了

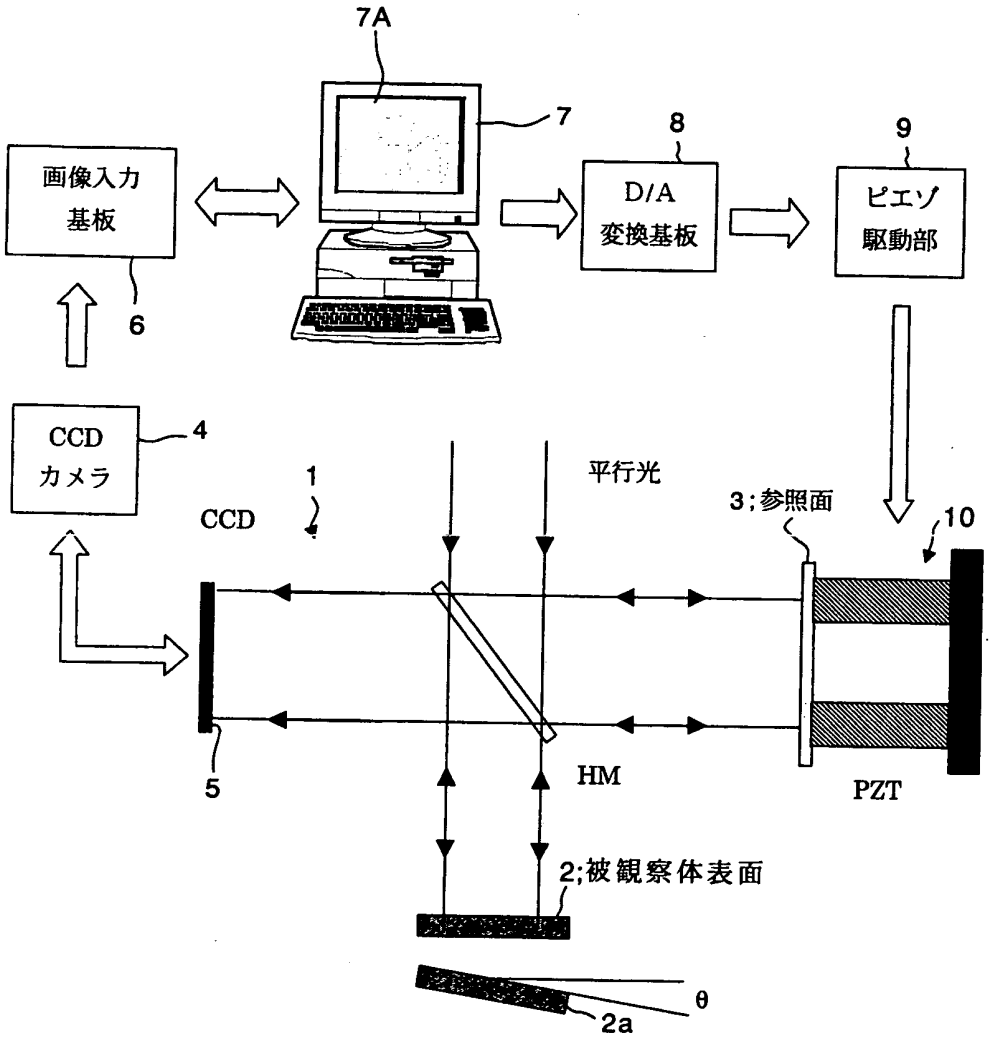
【図５】


１１
１２
１３
FFT演算手段
キャリア周波数
演算手段
被観察体
傾き検出手段

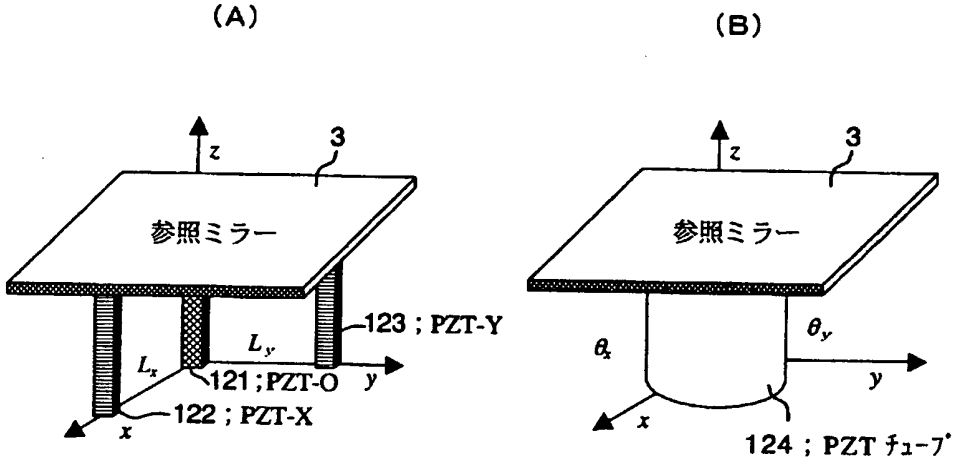
【図６】


２１
２２
２３
FFT演算手段
被観察体
位相情報演算手段
被観察体
傾き検出手段

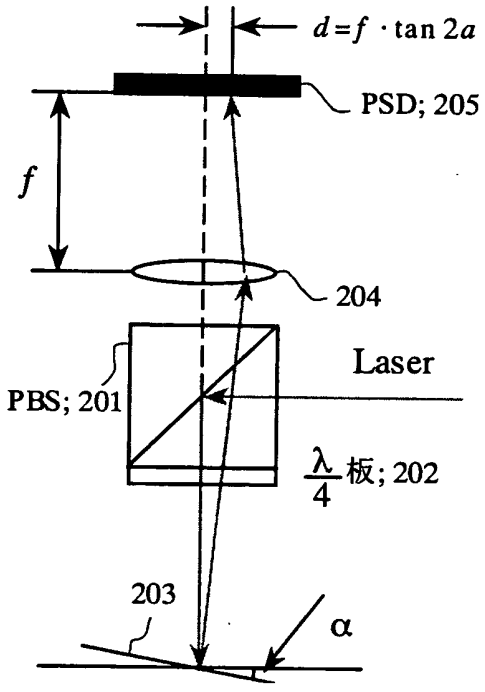
【図７】


7A
7
8
9
画像入力
基板
D/A
変換基板
ピエゾ
駆動部
6
CCD
カメラ
4
1
CCD
平行光
3;参照面
10
5
HM
PZT
2;被観察体表面
θ
2a

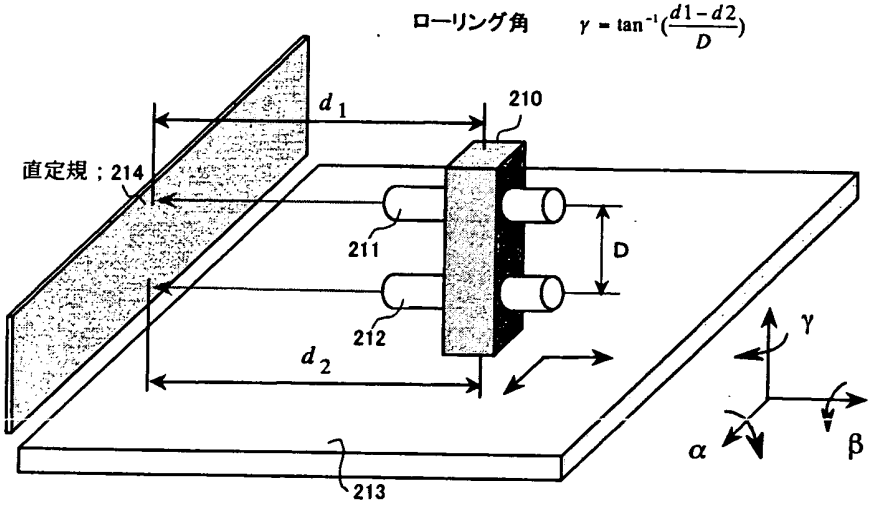
【図８】


(A)
(B)
z
3
参照ミラー
123 ; PZT-Y
L_y
L_x
121 ; PZT-O
y
122 ; PZT-X
x
θ_x
θ_y
124 ; PZT チューブ

【図９】


$d=f\cdot\tan 2a$
PSD; 205
f
204
Laser
PBS; 201
λ/4 板; 202
203
α

【図１０】


ローリング角　$\gamma = \tan^{-1}(\frac{d1-d2}{D})$
d_1
210
直定規；214
211
D
212
d_2
γ
α
β
213

【書類名】　　要約書

【要約】

【目的】被観察体の位相情報を求めるための１枚の縞画像データに、フーリエ変換演算を施し、キャリア周波数または被観察体の位相情報を求め、これに基づいて被観察体の傾きを検出することにより、新たに、姿勢検出装置を設けることなく、その検出に要する時間を大幅に短縮することができる。

【構成】被観察体の位相情報を担持してなる干渉縞画像をＣＣＤ撮像カメラにより得る（Ｓ１）。次に、得られた干渉縞画像データに対してフーリエ変換演算を施し（Ｓ２）、フィルタリングによって空間キャリア周波数（f_x, f_y）を抽出し（Ｓ３）、このキャリア周波数に基づき被観察体の傾きを求める（Ｓ４）。

【選択図】　　図１

認定・付加情報

特許出願の番号	特願２０００－３９７２４６
受付番号	５００００１６８９５５１
書類名	特許願
担当官	第一担当上席　００９０
作成日	平成１２年１２月２８日

＜認定情報・付加情報＞

【提出日】　平成12年12月27日

次頁無

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号　〔０００００５４３０〕

１．変更年月日　１９９０年　８月１４日
［変更理由］　新規登録
住　所　埼玉県大宮市植竹町１丁目３２４番地
氏　名　富士写真光機株式会社

２．変更年月日　２００１年　５月　１日
［変更理由］　住所変更
住　所　埼玉県さいたま市植竹町１丁目３２４番地
氏　名　富士写真光機株式会社